

MODIFICACIONES DE LA EH-88 RESPECTO A LA EH-82

(MODIFICATIONS OF THE SPANISH R.C. CODE EH-88 WITH RESPECT TO THE EH-82 ISSUE)

Alvaro García Meseguer, Dr. Ingeniero de Caminos, Profesor de Investigación
IETcc/CSIC

Fecha de recepción: 22-IV-89
400-21

RESUMEN

Se señalan y comentan los principales cambios que la Instrucción para el Proyecto y Ejecución de Obras de Hormigón EH-88 ha introducido con respecto a la versión de 1982. Estos cambios son de índole menor en el capítulo de cálculo (salvo en fisuración y deformaciones) y afectan más a los capítulos de materiales y control. En particular son destacables como más novedosos los artículos dedicados al cemento, los áridos, el hormigón fabricado en central y el control del hormigón.

Los comentarios incluidos en el presente artículo van más allá de lo puramente técnico y entran, a menudo, en la descripción del transcurso que subyace en los cambios introducidos.

SUMMARY

This article explains the main changes introduced in the new Spanish Code for Reinforced Concrete Structures (1988) with respect to the previous one (1982). Changes are minor as far as design and calculations is concerned (with the exception of cracking and deformations) and more relevant in chapters dealing with materials and quality control. In particular, the cement, the aggregates and the concrete (fabrication and quality control) are treated in a new way. The article offers commentaries dealing with the technical aspects as well as the background reasons for changes.

EH-82

INSTRUCCIÓN

**para el proyecto y la ejecución
de obras de hormigón
en masa o armado**

1986

COMISION PERMANENTE DEL HORMIGON

EH-88

INSTRUCCIÓN PARA EL PROYECTO Y LA EJECUCIÓN
DE OBRAS DE HORMIGÓN EN MASA O ARMADO

EF-88

INSTRUCCIÓN PARA EL PROYECTO Y LA EJECUCIÓN
DE FORJADOS UNIDIRECCIONALES DE HORMIGON
ARMADO O PRETENSADO

MOPU

Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

Aceros

En el **Artículo 1** se ha quitado la mención que excluía del campo de aplicación de la Norma a los aceros superiores a 6.100 de límite elástico. Era innecesaria y heterogénea con otros materiales (que por la misma razón deberían mencionarse). Cada material viene definido después, en el Capítulo 2, y no hay por qué citarlos aquí.

Presas

Se amplía el **Comentario al Artículo 1** para aclarar que en obras especiales, los preceptos de la EH-88 deben ser objeto de una juiciosa adaptación en vez de seguirlos ciegamente. El origen de este añadido está en una consulta que llegó a la Comisión relativa a la determinación del tamaño del lote en el control de hormigón de presas, ya que el cuadro que fija la EH (69.3.2.a) no funciona bien para ese caso.

Control de proyecto

La Comisión no se ha atrevido a regular en detalle el control del proyecto pese a tratarse de un asunto de gran importancia. España es uno de los primeros países que introdujo el control de materiales y de la ejecución en su normativa y, siguiendo esa línea, debería dar ya, a mi juicio, un primer paso hacia el control del proyecto, no mencionado hasta ahora en la normativa extranjera, que sepamos.

Este asunto se discutió mucho y finalmente se decidió mencionarlo de modo muy discreto. A ello responde el **Comentario al Artículo 4.1** que antes no existía y ahora dice así:

“La calidad de la obra depende, en primer lugar, de la calidad del proyecto. Por ello se recomienda que éste sea supervisado por un técnico distinto del autor que lo realizó, como es el caso de las Oficinas de Supervisión de Proyectos de los Organismos Públicos”.

Como se ve, hay tres cautelas en el texto: es una **recomendación**, aparece en un **comentario** y no menciona la palabra “control” sino **supervisión**.

Control de hormigón

Como es sabido y según el artículo 69.4, cuando la resistencia característica estimada no llega a la especi-

ficada pero iguala o supera el 90 % de la misma, la obra debe aceptarse “a falta de una explícita previsión del caso en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares”. Lo conveniente es que el Pliego imponga una penalización económica para esta eventualidad, ligada al porcentaje de baja (puede ser del doble, o del triple, de dicha baja; de ese modo, en el caso límite de bajar un 10 % el hormigón se abonaría al 80 o al 70 por 100 de su precio). Pero hasta ahora la EH no hablaba de ello.

Para ayudar en el sentido indicado, se ha añadido un párrafo en el **Comentario al Artículo 4.4** que habla del Pliego, con este texto:

“Con respecto a las decisiones derivadas del control de resistencia del hormigón (véase 69.4), en el Pliego de Cláusulas Administrativas Particulares o en el Pliego de Condiciones de cada obra cuando no existe aquél, se pueden especificar posibles penalizaciones económicas, en particular para el caso en que resulte la estimada menor de la especificada pero mayor de su 90 %”.

Documentación final de la obra

Se ha añadido este nuevo **Artículo 4.9** que obliga al Director de Obra a entregar al Propietario, al acabar la obra:

- una memoria con las incidencias principales de su ejecución,
- una colección de planos “as built” y
- una documentación justificativa del control.

Este nuevo artículo es importante y nos acerca al concepto de Garantía de Calidad y, en particular, al Manual de Uso, tan demandado en todos los congresos de calidad en construcción en todo el mundo y tan ausente, todavía, de todas las normativas.

CAPÍTULO II: MATERIALES

Cemento

Este artículo ha experimentado una modificación profunda. Se abandona la antigua cita al Pliego Oficial RC-75 y se cambia por una cita a la Reglamentación vigente. Además, se menciona explícitamente a la Comunidad Europea. Todo ello figura en los dos primeros párrafos del **Artículo 5.1.:**

“Podrá utilizarse cualquier tipo de cemento con tal de que cumpla la Reglamentación vigente para dicho material.

También podrán utilizarse los cementos legalmente fabricados y comercializados en un Estado miembro de la Comunidad Económica Europea que sean conformes a las especificaciones en vigor en tales Estados, siempre que éstas tengan un nivel de seguridad equivalente al que exige la Reglamentación Española”.

La explicación de este cambio requiere hacer un poco de historia. Hasta hace algunos años, la única normativa española existente sobre el cemento como material era el Pliego Oficial del MOPU. La aparición y desarrollo de los cementos de adición provocó unas desavenencias entre los responsables del Pliego (que miraban con cierta desconfianza a estos nuevos cementos, por entender que la seguridad/durabilidad de las obras podría resultar afectada) y la industria de fabricación del cemento (que los consideraba como un desarrollo más de su producto, el cual se veía así diversificado y abaratado para muchos usos, por lo que eran interesantes comercialmente).

Una situación análoga se creó en otros países meridionales europeos, donde existen materias primas (cenizas volantes y análogas) que se aprovechan también para fabricar cementos de adición.

Como los fabricantes estimaban que su voz no era atendida por la Comisión de Cementos (fundamentalmente compuesta por funcionarios y radicada en el MOPU) buscaron otra vía normativa, la de las Normas UNE, actualmente elaboradas en el seno de AENOR, cuyas Comisiones de Trabajo están compuestas en parte amplia por gentes del sector privado y que tiene un cierto patrocinio del MINER. Se elaboraron y publicaron así las Normas UNE 80-301, 80-302, etc., diferentes del Pliego Oficial.

Durante algún tiempo coexistieron ambas normativas y cada parte trató de advertir a los profesionales acerca de la conveniencia de usar sus respectivas normas. En particular y como es obvio, las obras oficiales debían regirse por el Pliego Oficial, pero en las privadas la situación no era clara en el plano legal.

Así las cosas, se llega a la revisión de la EH-82 y se plantea la cuestión del artículo 5. En primera redacción, se mantuvo el texto antiguo que aludía al Pliego, con la opinión en contra del MINER y de la industria cementera. Esta última, para defender su posición, acudió a la Comisión Europea, ya que hay un trámite preceptivo que obliga a enviar a Bruselas cualquier proyecto de nueva norma (o de modificación de una norma antigua, que es el caso de la EH-88) antes de pasarlo al Consejo Español de Ministros.

Paralelamente se efectuaron reuniones de alto nivel entre MOPU y MINER para llegar a un acuerdo y evitar la discrepancia entre ambas normativas. Ese acuerdo se

alcanzó, en sus puntos básicos, a mediados de 1988 y, simultáneamente, la CE advirtió que la redacción propuesta para el artículo 5 suponía una barrera comercial a cementos de otros países y debía de cambiarse.

El desarrollo normativo del acuerdo MINER-MOPU requirió varios meses y no estaba listo cuando la EH-88 se terminó de redactar (la EH-88 se aprueba por un real decreto de 15 de Julio de 1988). Por ello, se incluyó el párrafo que estamos comentando, el cual alude a la “Reglamentación vigente”. El párrafo que cita los cementos de otros países satisface a la CE, que le dio la luz verde. En cuanto a la cita a la “Reglamentación vigente” ha dejado de ser ambigua desde el 4 de Noviembre 88, fecha en la que el BOE publica el **nuevo Pliego Oficial RC-88 que coincide con la Norma UNE** (real decreto de 28 de octubre).

Por consiguiente, ya no existe discrepancia alguna. Por otro lado, en el actual Pliego Oficial se aclara perfectamente que su ámbito de aplicación es obligatorio en todas las obras, tanto las de la Administración Pública como las de carácter privado.

El comentario de la EH a los dos párrafos del artículo que hemos transcrito dice así:

“En tanto no existan unas especificaciones vinculantes en el ámbito de la Comunidad Europea, el articulado exige al cemento que cumpla la Reglamentación Española.

La constatación del cumplimiento del nivel de seguridad equivalente por parte de los cementos procedentes de un Estado miembro de la CE se comprobará según lo dispuesto en la Reglamentación en materia de normalización y homologación de cementos”.

La primera frase alude, sin mencionarlas, a las Normas CEN de ámbito europeo, que habían sido citadas por la industria del cemento en apoyo de su tesis (ya que coinciden prácticamente con las UNE). La réplica del MOPU fue que tales normas son por ahora tan sólo una propuesta y aún no han sido aprobadas. De ahí la frase que comentamos.

(El proyecto de normas CEN tipifica las categorías 35-45-55 y las españolas también, añadiendo la 25 por tradición; la novedad mayor consiste en que ahora en España se horquillan las resistencias, limitándolas inferior y superiormente).

La cita que se hace, tanto en el articulado como en el comentario, al “nivel de seguridad” de los cementos extranjeros podría interpretarse como un sutil subterfugio para poder imponer ensayos y comprobaciones que frenen la importación. Pero la jurisprudencia del Tribunal de Justicia comunitario es muy clara, en fa-

vor de la libre circulación de productos (caso del vinagre de manzanas, que enfrentó a Italia con Alemania): **cualquier producto que se consume en un Estado miembro y cumple las especificaciones de ese Estado, puede automáticamente ser vendido en otro Estado sin necesidad de nuevas comprobaciones con respecto a su normativa.**

Por eso, la cita en cuestión sólo puede originar una comprobación nominal sobre papeles (por ejemplo, un cemento portugués tipo 200 no podrá emplearse en España, al prohibir la EH-88 el empleo de cementos menores del 250), pero no el poner en cuarentena la partida de cemento, obligar a la realización de muchos ensayos, etc.

A este respecto, debe mencionarse también el Decreto 1313/1988 de 28 de octubre (BOE del 4-11-88) del MINISTERIO por el que se declara obligatoria la homologación de los cementos según la normativa vigente (Pliego y normas UNE, ya coincidentes). Este decreto prohíbe fabricar o importar cementos no homologados; obliga a renovar las homologaciones con periodicidad anual; admite sustituir la homologación por un certificado de conformidad a normas emitido por AENOR (lo que abre la puerta a un Sello de Conformidad del estilo del CIETSID para aceros); y acepta los certificados y protocolos de ensayos de los cementos fabricados en cualquier estado miembro de la CE si son emitidos por un laboratorio oficialmente reconocido en el país en cuestión.

En cuanto a las recomendaciones para el uso de distintos tipos de cemento, la EH-88 ha conservado el antiguo Anejo 3 sin modificaciones, ya que no se podía esperar a la aparición del nuevo Pliego para modificarlo. Por eso el Comentario al Art. 5 añade la frase "cuyo contenido deberá interpretarse con arreglo a la Reglamentación vigente en cada momento". Recientemente, el IECA (Instituto Español del Cemento y sus Aplicaciones, promovido por la industria del cemento) ha publicado un folleto titulado "Recomendaciones para la utilización de los cementos de las Normas UNE" que significa, en la práctica, una actualización del mencionado Anejo 3. Por ello, en mi opinión, este Anejo debería desaparecer en una futura revisión de la EH.

EN RESUMEN: La situación normativa del cemento está completamente aclarada.

ión cloro

En los últimos años se ha avanzado bastante en el conocimiento del fenómeno de corrosión de las armaduras en el hormigón armado. Ello ha permitido fijar un límite máximo al contenido en ión cloro del hormigón, igual al 0,4 por 100 del peso del cemento, el cual se indica en el **Artículo 10.1.**

Ahora bien, el ión cloro puede proceder de cualquiera de los componentes del hormigón, si bien el que más fácilmente puede aportarlo es el agua. Por ello, el tratamiento que se ha dado a este punto es el siguiente:

- A todos los componentes, Cemento, Agua, Áridos y Aditivos/Adiciones, se les ha añadido una coetiqueta final que dice:
"Con respecto al contenido en ión cloro, se tendrá en cuenta lo prescrito en 10.1", lo que remite al límite del 0,4 para el contenido total.
- Al agua se le pone, además, un límite particular de 6 gramos por litro. Así, en el caso de un agua límite y un hormigón con 180 litros de agua por metro cúbico, el agua aporta $6 \times 180 = 1080$ gramos de ión cloro. Si el contenido en cemento es de 400 kilos por metro cúbico, eso representa $1,08 : 400 = 0,27$ por 100 y todavía deja un margen para más ión cloro que proceda de los áridos, cemento, etc.

Áridos

En este artículo se han introducido variaciones importantes, originadas fundamentalmente por el problema del contenido en finos de las arenas de origen calizo, que tanto afecta al País Vasco y otras localidades españolas.

La EH-82 establecía un máximo de finos (partículas menores de 80 micras) para la arena del 5 % en peso, límite que procedía de la normativa estadounidense. Sin embargo, la experiencia vasca demostraba que arenas con un 10 % y más de finos eran perfectamente utilizables. Por otro lado, en esa zona no es posible encontrar áridos que cumplan la EH-82, ya que todos proceden del machaqueo de calizas y esta operación produce muchos finos.

La situación era doblemente enojosa: desde el punto de vista legal, los hormigones vascos y de otras regiones no cumplían la normativa vigente; y desde el punto de vista científico, la norma parecía equivocada por demasiado simplista, al no distinguir la naturaleza caliza o arcillosa de los finos. Son los finos arcillosos los realmente perjudiciales.

Para enmendar este punto fue necesario realizar numerosos y profundos estudios, apareciendo en cabeza de los mismos los efectuados por LABEIN en Bilbao (que dieron origen a una excelente tesis doctoral de Javier Urreta, bajo la dirección del profesor José Luis Ramírez). Estos estudios se completaron con otros llevados a cabo en el CEDEX bajo la dirección del doctor Soriano, y con una serie de ensayos comparativos en los que intervinieron numerosos laboratorios.

Como fruto de todo ello, en la EH-88 figura un tratamiento de los áridos mucho más completo y sistemático que en la EH-82. A continuación reseñamos las principales novedades:

- a) Cuando no existen antecedentes de empleo, se impone la realización de “ensayos de identificación” del árido (mineralógicos, petrográficos, físicos o químicos). Antes no se mencionaba este caso.
- b) Se prohíbe el empleo de áridos que contengan sulfuros oxidables, en vez de mencionar las piritas como antes. Hay, en efecto, piritas no oxidables y no-piritas oxidables, como se explica en el **Comentario 7.1.**
- c) Se precisa el concepto de “tamaño máximo del árido” y se revisan sus limitaciones (**Artículo 7.2.**).
- d) El antiguo artículo 7.3. “Prescripciones y ensayos” se desdobra en tres apartados:

7.3.1. Condiciones fisico-químicas donde, como novedad, se limita el contenido en finos arcillosos a través de una combinación de dos ensayos: el de Equivalente de Arena (sencillo de hacer y suficiente para muchos casos) y el de Azul de Metileno (más complicado, para casos dudosos).

7.3.2. Condiciones fisico-mecánicas donde aparecen nuevos ensayos para comprobar que los áridos no son friables ni porosos: el de Friabilidad de Arenas, de Desgaste de Gravas y de Absorción de Agua para ambas.

7.3.3. Condiciones granulométricas donde se limita el contenido en finos al 6 % con carácter general, pero pudiendo subirse al 10 % y al 15 % cuando se trata de machaqueo de calizas, según la agresividad del ambiente.

Con este tratamiento la EH-88 cubre los distintos casos de forma mucho más satisfactoria que la EH-82.

Aditivos y adiciones

La EH-82 sólo hablaba de Aditivos, en el **Artículo 8.** Ahora se habla en ese artículo de **Otros componentes del hormigón**, distinguiendo entre Aditivos (8.1.) y Adiciones (8.2.).

Con respecto a los aditivos, se han incorporado los últimos trabajos UNE. Se exige su designación correcta según normas (la clasificación de los aditivos recientemente establecida por UNE es un avance notable y no fue fácil la tarea), así como su correcto etiquetado.

Y se exige a los fabricantes que garanticen cada producto. No se puede llegar más lejos al estar amparados por patentes en su composición y fabricación.

El ocuparse de adiciones era obligado, una vez en el mercado los cementos de adición a base de cenizas volantes. Los conocimientos en este campo son todavía imperfectos: se sabe que unas son buenas y otras (especialmente las de alto contenido en óxido de calcio) no lo son, pero no hay todavía una normativa detallada al respecto con plena garantía (la UNE 83.415/87 tiene por ahora un carácter experimental). Por ello, la EH-88 remite a ensayos de carácter tecnológico (hacer probetas y ver cómo se comportan) y otorga a la Dirección Facultativa la responsabilidad de autorizar o no su uso. En el Comentario se añade algo importante: es siempre de mayor garantía emplear cementos con cenizas que emplear hormigones con cenizas, ya que los procesos respectivos de fabricación son mucho más controlados y fiables en el primero que en el segundo caso.

Armaduras

Las novedades más importantes en el **Artículo 9** son las siguientes:

- a) Se precisa que la notación f_y , designa el límite elástico de cualquier acero, suprimiendo la antigua distinción que otorgaba dos notaciones diferentes según el tipo de acero (Comentario 9.1.).
- b) Se actualizan las citas a las normas UNE para barras lisas (Artículo 9.2.).
- c) Para barras corrugadas (Artículo 9.3.) se retocan los límites de alargamiento y de ductilidad (relación carga de rotura a límite elástico) para hacerlos más coherentes. El último mencionado se iguala a 1,05 para todos los aceros, aceptando así una realidad experimental que ya había sido aceptada por el CEB y que constituía una vieja reivindicación de los fabricantes.
- d) En cuanto a las condiciones de adherencia, se han mantenido las mismas, basadas en el beam-test, aunque la tendencia europea parece ir hacia condiciones de tipo geométrico y no mecánico. Es posible que este punto se modifique más adelante, pero por el momento y contra la opinión de los fabricantes (plasmada en la nueva UNE) se ha preferido no cambiar.

Nos encontramos, pues, ante una discrepancia entre normas. Mi opinión personal es que las dos son buenas y que, en la práctica, puede aplicarse en cada caso la que más convenga.

- e) En mallas electrosoldadas se han precisado unas notaciones que figuran en la Nota (4) al pie de la Tabla 9.4. Atención: esta tabla se ha omitido, por error, en la primera edición hecha por el MOPU. Es la misma de la EH-82.

Hormigones

No hay muchos cambios en el **Artículo 10**. Uno de ellos es el del ión cloro que ya hemos comentado (Apartado 10.1.). Otro es actualizar las citas a las UNE (Apartado 10.3.).

Respecto a la resistencia a tracción (Comentario 10.3.) se suprime el antiguo comentario y se remite a las UNE, aunque el contenido real no varía.

En cuanto a la docilidad, se aclara el tema de las tolerancias, desdoblado los casos en que se especifica por "tipo" (palabra) o por "asiento" (número).

CAPÍTULO III: EJECUCIÓN

Distancias entre barras

El antiguo **Apartado 13.2** se ha desdoblado en dos, separando los casos de barras aisladas y de grupos de barras para mayor claridad. Pero las limitaciones son las mismas.

Distancias a los paramentos

Se han aumentado los recubrimientos mínimos, por razones de protección de las barras frente a la corrosión. En efecto, los últimos avances en el conocimiento de estos fenómenos han demostrado la importancia capital que tiene el espesor del recubrimiento (mucho mayor que la del ancho probable de fisura) en la durabilidad de los elementos de hormigón armado.

Los antiguos 15 mm y 20 mm pasan a 20 mm y 30 mm respectivamente, en función del ambiente. Aparece el nuevo límite de 40 mm para el caso de atmósferas agresivas. Y se definen los tres ambientes con mayor precisión, siguiendo los últimos trabajos del CEB.

Además, en el Comentario se ofrecen una figura y una tabla explicativas del artículo.

Fabricación del hormigón

El **Artículo 15** experimenta una profunda modificación, realmente necesaria dado lo pobre y arcaico que era el texto antiguo. En esencia, lo que se hace es incor-

porar a este artículo la antigua Instrucción EHPRE de hormigón preamasado, la cual queda derogada con la nueva EH-88.

La modificación del artículo 15 había sido solicitada insistentemente por la industria del hormigón preamasado, cuya colaboración en el nuevo artículo (a través del experto Martínez de Eulate) ha sido muy importante.

El nuevo artículo se divide en tres apartados, uno de prescripciones generales (15.1), otro para el hormigón fabricado en central (15.2, muy amplio y detallado) y otro para el hormigón no fabricado en central (15.3). Este último tipo de hormigón se desaconseja en el comentario correspondiente y, correlativamente, el fabricado en central queda recomendado desde el primer comentario 15.1.

Al hormigón de central se le dedican 9 subapartados (15.2.1. a 15.2.9.), de los cuales los ocho primeros son aplicables a cualquier caso, es decir, tanto al caso de hormigón comercial como al del hormigón que se hace el constructor para sí mismo, en central de obra. El último subapartado, 15.2.9., se titula "Hormigón preparado" y se refiere específicamente al caso del hormigón fresco que se fabrica en una central que no pertenece a las instalaciones propias de la obra; por consiguiente engloba al hormigón objeto de compra-venta, pero es también aplicable al caso en que el propietario de la central es el propio constructor.

A continuación comentamos los aspectos de mayor interés:

- a) En 15.2.1. se exige que en cada central haya dos responsables diferentes, uno de la fabricación y otro del control. Esto supone un avance para la garantía de calidad del producto.
- b) En el comentario 15.2.1. se recuerda la diferencia entre "homogeneidad" y "uniformidad", conceptos que deben tenerse claros para una correcta aplicación de las reglas de control que la EH incluye más adelante, en el Capítulo IX. El primero se aplica dentro de una misma amasada y el segundo entre diferentes amasadas.
- c) Los apartados 15.2.2. a 15.2.4. regulan con gran detalle el almacenamiento de materias primas, los equipos de fabricación y la dosificación de componentes. En particular, el comentario 15.2.4. tiene especial interés, al recordarnos las distintas clases de agua que intervienen en el agua total de amasado. No debe confundirse ese agua total con la añadida directamente a la amasadora.
- d) El apartado 15.2.5. tiene particular importancia para el control del hormigón, ya que regula la homo-

geneidad de los equipos de amasado y permite, con ello, distinguir las dispersiones debidas a equipo y las debidas a falta de uniformidad entre amasadas. El estudio de este apartado (que ya figuraba en la EHPRE y cuyo origen está en las normas americanas ASTM) es fundamental para que la Dirección Facultativa no tome decisiones de control erróneas.

En el ensayo 3 de la Tabla (peso del hormigón por metro cúbico) se ha olvidado decir que la determinación debe hacerse según UNE 7286.

- e) El apartado 15.2.6. se dedica al amasado y prohíbe claramente amasar el hormigón durante su transporte. Desde el punto de vista del consumidor, lo mejor es una amasadora fija, ya que de este modo la uniformidad del hormigón no resulta afectada por cambio de equipo de amasado. Pueden admitirse también las amasadoras móviles (con el inconveniente de que cada amasada puede estar hecha con una amasadora diferente, lo que introducirá mayores variaciones de uniformidad) pero en tal caso el amasado debe hacerse a camión parado, antes del transporte. Dicho de otro modo, siempre se transporta un hormigón ya amasado y las cubas que giran durante el transporte lo que deben hacer es agitar el hormigón (pocas revoluciones) pero no amasarlo.
- f) Lo anterior se aclara en el apartado 15.2.7. dedicado a transporte, donde también se establece qué documentación debe acompañar a las cubas (hoja de suministro). Obsérvese que estas hojas también son necesarias en el caso en que el hormigón se prepara por el propio constructor en una central alejada de la obra. Su objeto es describir lo que se entrega con suficiente precisión, haya o no una operación de compraventa por en medio.

En la lista de datos que se piden (diez en total) destacan los correspondientes a la especificación del hormigón, que son los siguientes:

- Resistencia característica (indicando además el contenido en cemento máximo y mínimo) o contenido en cemento, según el caso.
- Tipo, clase, categoría y **marca del cemento**.
- Consistencia y relación máxima A/C.
- Tamaño máximo del árido.
- Tipo de aditivo, según UNE 83.200, si lo hubiere.
- Procedencia y cantidad de cenizas volantes, si las hubiere.

Como se ve, la EH-88 vela porque el usuario del hormigón quede protegido y sepa lo que le están sirviendo, no debiendo admitirse hormigones que no vayan acompañados de esa información.

- g) El apartado 15.2.8. exige que en cada central exista un servicio de laboratorio, propio o contratado, que le permita realizar el control de calidad de producción (el detalle está regulado en un decreto del MINER al que hace referencia la EH-88). Si este servicio es o no inspeccionado por una tercera parte independiente es algo que aquí no se menciona, pero que tiene relevancia como se verá más adelante cuando hablemos del control de recepción del hormigón (Capítulo IX de la EH-88).

- h) Es claro que la EH no tiene por qué entrar en aspectos comerciales; pero sí debe establecer algunas normas de base sobre las cuales poder montar luego lo comercial. A esta necesidad responde el apartado 15.2.9. titulado "Hormigón preparado" que, como se ha dicho, se define como aquél fabricado en una central que no pertenece a las instalaciones propias de la obra. Salvo raras excepciones, este hormigón es lo que puede llamarse "hormigón comercial".

Recomendamos una lectura cuidadosa de este apartado 15.2.9., así como su aplicación metódica en la práctica. El texto está muy medido y costó muchas discusiones el llegar a un acuerdo. En mi opinión es un buen texto, que respeta por igual los derechos de las dos partes, el vendedor y el comprador del hormigón (que en la norma se denominan, con mayor amplitud, "suministrador" y "utilizador" respectivamente), y que hace intervenir también a la Dirección Facultativa.

En particular, el tratamiento que se hace del caso en que se emplean aditivos o adiciones (que no pueden emplearse sin el conocimiento del utilizador y la autorización de la Dirección Facultativa) mejora claramente la situación actual, en la que muchos suministradores no informan acerca de los aditivos o adiciones que lleva su producto.

Finalmente, se regula la entrega y recepción del hormigón fresco en términos claros que, es de esperar, evitarán bastantes de las discusiones que hoy día se tienen al respecto. A destacar que "no se podrá rechazar ningún hormigón por razones de consistencia sin la realización de los ensayos oportunos, según lo indicado en el Capítulo IX". Esta frase esconde una dificultad que a menudo pasa desapercibida y que comentaremos más adelante (aparece en el Comentario al artículo 65.1.), en relación con la toma de la muestra.

Descimbrado, desencofrado y desmoldeo

En el **Artículo 21** se ha enviado al Comentario una frase que dice así: "Se recomienda que la seguridad no

resulte en ningún momento inferior a la prevista para la obra en servicio" y que antes figuraba en el artículo.

La razón es que la frase supone una cierta contradicción con el Artículo 32, donde se ofrecen, para el coeficiente de mayoración de acciones de cargas permanentes, valores menores para la fase de construcción que para la fase de servicio. En mi opinión, la frase debería suprimirse incluso del comentario.

Una frase análoga se ha suprimido en el **Artículo 23.2.**

Limitaciones a los contenidos de agua y de cemento

Se ha añadido el **Apartado 24.4.** que antes no existía, donde se establecen unos valores máximos para la relación A/C y otros mínimos para el contenido en cemento, en función del tipo de ambiente que rodea a la estructura. Es una precaución adicional que la EH-88 adopta para mejorar la protección de las obras frente a los agresivos externos y asegurar así una mayor durabilidad.

En el caso menos exigente la relación A/C no puede superar un 0,65 y en el más exigente un 0,50, esté o no armado el hormigón. En cuanto a los contenidos mínimos en cemento, oscilan entre 250 y 325 kilos por metro cúbico para los elementos de hormigón armado y entre 150 y 200 para los de hormigón en masa.

Desde un punto de vista práctico, este apartado es de los más importantes de la nueva Instrucción.

CAPÍTULO IV: CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES

Acero

No hay cambios, salvo retoques de notación.

Hormigón

Se añade una frase final en el **Artículo 26.7** para aclarar que los valores simplificados dados para el módulo de deformación del hormigón corresponden a la deformación **diferida** final, es decir, la total menos la instantánea. Una aclaración análoga se hace en el **Comentario 26.9.** al hablar de la fluencia.

En este comentario 26.9. se ha olvidado corregir una errata. En el punto 2.º se define el parámetro j como "Edad del hormigón a partir de la puesta en carga" y debería decir "Edad del hormigón en el momento de la puesta en carga". También en la Tabla 26.9.1. continúa figurando una errata, en la columna "Ambiente": la tercera línea dice "En ambiente seco" y debería decir "En ambiente medio".

CAPÍTULO V: ACCIONES

El único cambio afecta al **Comentario 28.3.** y es una aclaración de poca monta: en vez de "carga de explotación o de uso" se dice ahora "valor máximo de la carga para la cual se propone la utilización de la estructura".

CAPÍTULO VI: BASES DE CÁLCULO

Coefficientes de seguridad

En el **Comentario 31.1.** al pie del Cuadro 31.3. se han añadido unas Notas interesantes que indican en qué casos son adecuados los niveles de control reducido e intenso para el hormigón.

Con ello, la EH-88 recomienda que para edificios de viviendas de una o dos plantas, así como para los de tres o cuatro plantas que no tengan pilares de hormigón, se utilice el nivel reducido de control, sin rotura de probetas (con una limitación de 150 kp/cm² para el hormigón, como antes).

CAPÍTULO VII: CÁLCULO DE SECCIONES

Flexión

Se conservan los mismos métodos de cálculo, con algunos retoques de índole menor. Así por ejemplo, la Tabla del **Artículo 36.5.** de flexión esviada se completa con un par de valores más, relativos a la flexión simple.

La condición de cuantía mínima en flexión del **Artículo 38.1.** se ha mejorado, por una parte extendiéndola a cualquier forma de sección (antes valía sólo para sección rectangular) y por otra, resolviendo un pequeño absurdo de la EH-82 que obligaba a escoger el valor menor de dos expresiones cuando una de ellas era siempre menor que la otra. También en el comentario de este artículo se ha suprimido alguna frase, por innecesaria.

Esfuerzo cortante y torsión

La regla de cosido (**Apartado 39.1.2.**) se presenta con mayor generalidad que antes, haciendo intervenir el ángulo de inclinación de las bielas de hormigón comprimido. La misma generalización se hace para la tensión límite de agotamiento por compresión.

Respecto a transmisión directa de cargas a los apoyos, cuando actúan en las proximidades de éstos, la anti-



gua distancia $0,75d$ se aumenta a d (**Apartado 39.1.3.2.3.** y figura correspondiente).

En elementos superficiales como forjados de canto inferior a 80 cm en la EH-82 se permitía que no llevasen armadura transversal si la distancia entre nervios era inferior a cinco veces el ancho del nervio (**Apartado 39.1.4.3.1.**). Ahora se aumenta esa distancia a ocho veces, pero no mayor de un metro. Así por ejemplo, en un forjado de casetones con nervios de 12 cm, antes había que armar a cortante si el casetón era mayor de $12 \times 5 = 60$ cm y ahora se puede llegar a $12 \times 8 = 96$ cm.

En torsión no hay cambios, salvo la corrección de erratas.

Anclajes, empalmes, pandeo

Sin cambios salvo corrección de erratas.

Fisuración

Se han actualizado los métodos de cálculo, para recoger los últimos avances de conocimientos en base a las doctrinas del CEB.

Los anchos admisibles de fisuras, que antes eran de 0,1 - 0,2 - 0,3 mm, pasan ahora a 0,1 - 0,2 - 0,4 mm, lo que es más tolerante para los casos de ambiente normal. Como ya dijimos, hoy se sabe que este ancho influye menos de lo que se pensaba en la durabilidad de la pieza.

En cuanto al cálculo del ancho de fisura, se suprimen los métodos que aparecían en los **Artículos 44.2 y 44.3** de la EH-82, que eran en realidad bastante inoperantes; y se establece un método único, análogo al antiguo del comentario 44.3., pero actualizado. Este método es más racional y se explica bastante bien en la Norma (44.3.), añadiéndose un método simplificado en 44.4 que resuelve directamente el problema en gran número de casos, por aplicación directa de una tabla.

En el método simplificado, basta con entrar en la tabla con la cuantía de acero y con la tensión de servicio de éste para encontrar el recubrimiento y diámetro de barras adecuados. La tensión de servicio puede calcularse simplifícadamente según se indica en el comentario anterior 44.3. Por cierto que esta cita debería figurar en el comentario 44.4. para orientar a quienes vayan directamente al 44.4. sin haber leído antes el 44.3.

Deformaciones

En este tema, que se trata en el **Artículo 45**, la EH-88 ha introducido mejoras sustanciales. El texto de la EH-82 era pobre y anticuado.

Es muy recomendable la lectura atenta del comentario al apartado 45.1. donde se ofrece una breve síntesis del problema y las dificultades que entraña.

El antiguo apartado 45.3. en el que se establecen unas "limitaciones prácticas relativas a las flechas" ha sido suprimido. En efecto, no tiene sentido dar en una



norma valores límites para las flechas, puesto que dependen de cada caso particular. En rigor, tales valores deberían ser especificados por el cliente al proyectista, ya que es él quien debe decir si quiere una estructura más o menos deformable, según el servicio que de ella reclame.

Claro que para los casos ordinarios (por ejemplo, estructuras de edificación para viviendas normales) es conveniente que las normas den algunas limitaciones. Eso se hace en la nueva Norma EF-88 de forjados. Pero aquí en la EH-88 lo lógico es regular el cálculo de flechas, sin entrar en sus valores límites.

El cálculo de flechas instantáneas se indica en 45.3. y sigue el conocido método de Branson del ACI. La Comisión discutió mucho entre este método y el nuevo del CEB, decidiéndose por el primero por ser un poco más sencillo. En realidad, ambos vienen a ser bastante parecidos, pero el de Branson tiene una larga tradición y se viene utilizando en nuestro país casi desde su aparición. Como ningún método es totalmente satisfactorio, más vale escoger lo ya conocido.

Este asunto del cálculo de flechas fue lo que más demoró en la preparación de la EF-88 y dió origen a una enorme cantidad de cálculos comparativos y de comprobaciones con ensayos. El resultado final, como decimos, fue descubrir que lo mejor era desistir de mé-

todos novedosos, propios o ajenos, y emplear lo que los americanos vienen haciendo, sin modificaciones, desde su aparición: el método de Branson. Por ciento que, a lo largo de los estudios y por iniciativa del doctor Calavera, se llegaron a plantear diversas consultas al propio Branson, quien respondió con gran amabilidad.

En cuanto al factor para flechas diferidas (apartado 45.4.) también se ha tomado la formulación americana, de resultados equivalentes a los del CEB.

CAPÍTULO VIII: ELEMENTOS ESTRUCTURALES

Elementos estructurales de hormigón en masa

Salvo corrección de erratas, la única novedad que aquí aparece en el **Comentario 46.1.** donde se cita la posibilidad de armar el hormigón con fibras de acero en vez de con mallas, para reducir la fisuración y mejorar la ductilidad. Citas parecidas al hormigón de fibras metálicas se han añadido en algunos otros sitios de la EH-88 pero no se ha entrado a tratar en detalle este material a pesar de los deseos reiteradamente expresados por el sector fabricante. En realidad, el hormigón armado con fibras metálicas no es un material estructural en el sentido clásico del término y sus aplicaciones corresponden más bien a otros campos, como el de pavimentos de carreteras.

Forjados

Este asunto ha originado una Instrucción propia, la EF-88, por lo que el **Artículo 47** se reduce ahora a una cita de dicha instrucción.

Piezas en T

La única modificación consiste en suprimir un párrafo equivocado del comentario al **Artículo 50.**

Estructuras reticulares planas

Se ha rehecho la figura 52.1. del comentario al **Artículo 52.1.** para ilustrar con mayor claridad la redistribución de la ley de momentos hasta un 15 por 100 del máximo momento negativo.

Placas

No hay cambios en los artículos 53 y 54 pero sí en el **Artículo 55** que trata de placas sobre apoyos aislados. Esta materia se trataba según la norma americana del ACI y lo que ahora se hace es recoger las últimas modificaciones introducidas en dicha norma muy recién-

temente. Se trata de pequeños retoques, en su mayoría de carácter numérico, no sustanciales.

Desafortunadamente, no se ha revisado el apartado 55.5. dedicado al punzonamiento, el cual sigue igualmente la norma ACI. El método es complicado y muy incompleto. En mi opinión, los últimos trabajos españoles en la materia y, en particular, los de Jiménez Montoya, son bastante mejores y solucionan el asunto de forma sencilla y elegante. La verdad es que esta materia no fue objeto de revisión y quedó tal cual probablemente por inercia.

Láminas

Leves retoques del **Artículo 56.4.** para adaptarlo a los nuevos recubrimientos (Artículo 13.3).

Cimentaciones

Esta parte no se ha revisado, salvo leves retoques.

Ménsulas cortas

Se ha retocado una frase del **Apartado 61.1.** para evitar un absurdo. La frase antigua decía:

"El canto útil en la cara exterior de la ménsula será igual o mayor que 0,5d",

y la nueva dice:

"El canto útil medido en el borde exterior del área donde se aplica la carga será igual o mayor que 0,5d",

con lo que la parte de ménsula más allá de la zona de aplicación de la carga no cuenta, como debe ser. La misma corrección se ha hecho en la línea de cota de la figura 61.2.1.

CAPÍTULO IX: CONTROL DE MATERIALES

Al igual que para otras materias (Aridos, Hormigón fabricado en central, Forjados) para la revisión de la parte de control se creó un Grupo de Trabajo. Esto no sucedió con todas las materias de la EH.

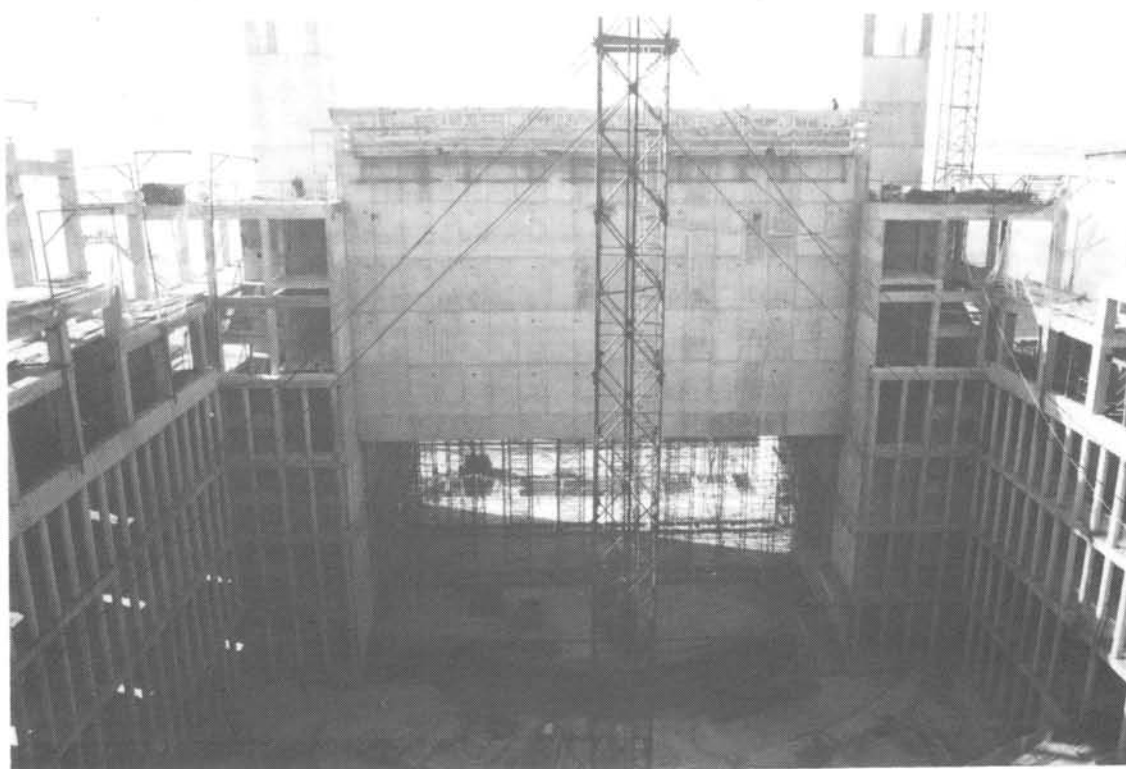
La filosofía general y los métodos de control no han cambiado, pero se han introducido retoques como fruto de la experiencia. A continuación comentaremos todos los artículos de este capítulo, uno por uno.

Artículo 62. Control de calidad

Se añade un párrafo en el comentario, que cita a los laboratorios homologados. Su origen está en una propuesta de la Asociación que los agrupa y se consideró razonable atenderla de este modo.

Artículo 63.1. Cemento

Esencialmente inalterado. Se cambia la cita al Sello DISCAL (que no llegó a funcionar en la práctica) por una cita a "Sello o Marca de Conformidad oficialmente homologado" en previsión de que tal sello pueda po-





Fotos: Obras diseñadas del Prof. Dr. Ingeniero Juan José Arenas.

nerse en marcha en un futuro. Según mis noticias, los fabricantes de cemento están trabajando en ello, en el seno de AENOR-MINER.

Artículo 63.2 Agua

Esencialmente inalterado. Es interesante destacar una frase añadida al texto antiguo, en el apartado de "Criterios de aceptación o rechazo" que dice así (la frase nueva es la que se destaca en negro):

"El no cumplimiento de las especificaciones será razón suficiente para considerar el agua como no apta para amasar hormigón, **salvo justificación especial de que no altera perjudicialmente las propiedades exigibles al mismo, ni a corto ni a largo plazo**".

Esta coletilla final de "salvo justificación especial..." se unifica y se añade ahora en todos los materiales. La filosofía es, por tanto, que aun no cumpliendo ensayos de la norma es posible utilizar materiales componentes si se justifica que no alteran perjudicialmente al hormigón.

Artículo 63.3. Áridos

Muy parecido a la versión antigua pero adaptado al nuevo artículo de áridos que, como vimos, es más completo que el antiguo.

Artículo 63.4. Otros componentes del hormigón

Se ha escrito nuevo, para abarcar aditivos y adiciones; pero las ideas generales son las mismas.

Artículo 64. Control de la calidad del hormigón

Se añade una frase relativa a la toma de muestras, que remite a la norma UNE correspondiente.

Artículo 65. Control de la consistencia

Se suprime la tabla de tolerancias, que ahora aparece en el artículo de especificaciones, como debe ser.

El comentario ayuda a resolver un problema práctico que hasta ahora no se había mencionado. La normativa de toma de muestras exige tomar éstas del tercio central de la descarga, lo que significa que el primer tercio ya ha sido puesto en obra. ¿Qué sucede con ese tercio si el hormigón resulta rechazable por consistencia?

La solución es hacer un ensayo "de tanteo", no válido legalmente, al principio de la descarga. Si sale mal, el suministrador debe decidir si retira la cuba (cosa preferible para el usuario) o si se arriesga a colocar el primer tercio y repetir el ensayo (ahora ya legal), sabiendo que si sale negativo deberá pagar las consecuencias.

Artículo 66. Control de la resistencia

Inalterado, salvo un retoque en la tabla del comentario, donde se han cambiado de orden las columnas "Tipo a" y "Tipo b" de los ensayos de Información. El nuevo orden es más lógico.

Artículo 67. Ensayos previos

Sin modificación, salvo citas a normas UNE actualizadas.

Artículo 68. Ensayos característicos

Sin modificación, salvo citas a normas UNE actualizadas.

Artículo 69. Ensayos de control

En el 69.1. se actualizan las UNE citadas y se precisa mejor la referencia que se hace en el comentario a los ensayos de información.

En el 69.2. no hay cambios.

En el 69.3.1. no hay cambios.

En el 69.3.2. dedicado al nivel normal de control hay cambios sustanciales que pasamos a comentar:

- a) Se introduce la palabra "lote" donde antes se hablaba de "partes".
- b) Se modifica el cuadro que define el tamaño máximo del lote, en dos aspectos. Por un lado, se cambia el nombre de las columnas, ligando el tipo de elemento estructural con su forma de trabajo. Por otro, se ajustan las cifras para hacerlas más realistas y operativas (así por ejemplo, en vez de 1 lote por planta se admite 1 lote por cada dos plantas, si bien en este caso hay que tomar muestra en cada una de las plantas).
- c) Se añade una prescripción importante: "No se mezclarán en un mismo lote elementos de función resistente distinta, es decir, que pertenezcan a columnas distintas del cuadro". La razón es evidente: si un lote resulta negativo, las acciones a tomar pueden ser distintas según se trate de vigas o de columnas; por tanto, no deben mezclarse en un mismo lote ambos tipos de elementos.
- d) El estimador de la resistencia característica no cambia, pero el valor del coeficiente K ofrecido en el cuadro correspondiente sí experimenta una novedad. Antes había dos columnas y ahora hay tres, ya que la correspondiente a hormigón de central se desdobra en dos, para diferenciar entre sí los casos en que hay (o no hay) supervisión externa independiente del control de producción.

Los valores de K en la nueva columna son, naturalmente, más altos que los anteriores. En cuanto a los de las dos columnas antiguas, aparecen ligeramente retocados (en general, al alza) por imperativo de la lógica probabilística adoptada, que se explica en el comentario.

- e) En la práctica, los hormigones con Sello INCE deben ser juzgados con arreglo a la primera columna. Pero otros hormigones sin sello también pueden serlo, si su fabricación está sometida a verificación externa fiable a juicio de la Dirección Facultativa.

En el 69.3.3. no hay más cambios que los de adaptación terminológica.

El apartado 69.4. **Decisiones derivadas del control de resistencia** se ha modificado en el sentido de ofrecer con gran detalle los distintos caminos posibles que pueden recorrerse para llegar a una decisión final de aceptación o de rechazo. La lectura detallada de este apartado y de su comentario (también modificado) es altamente recomendable.

Artículo 70. Ensayos de información del hormigón

El nuevo artículo es más completo y riguroso que el antiguo, aunque no difieren mucho. En cambio, el comentario se ha enriquecido bastante, todo ello gracias a la aparición de nuevas normas UNE sobre la materia.

Artículo 71. Control del acero

No hay cambios sustanciales, salvo actualización de las citas a normas UNE, corrección de erratas, etc. Lo más destacable es la nueva redacción del caso c) del apartado 71.6., dedicado al caso de aceros con Sello CIETSID, que ahora está mucho más clara que en la EH-82. Desgraciadamente, se sigue hablando aquí de "obras de edificación" tan sólo, por lo que una interpretación estricta del texto impide aplicarlo a las obras de ingeniería civil.

Este absurdo tiene su origen en el hecho de que el Sello CIETSID fue homologado en su día por el INCE, organismo que a la sazón no pertenecía a Obras Públicas sino a Vivienda. A mi juicio, el contenido de este apartado es aplicable en todo el ámbito de la construcción y para cualquier tipo de obra.

CAPÍTULO X: CONTROL DE LA EJECUCIÓN

Artículo 72. Control de la ejecución

Se añade un párrafo al comentario 72.1. en el que se recomienda la existencia de un control de producción (autocontrol) por parte del constructor.

Se completa la lista de operaciones objeto de control que figura en la tabla 72.1.

En el control a nivel intenso (72.4.) se cambia la expresión "técnico facultativo" por la de "técnico competente", con objeto de que no sea necesaria una titulación para desempeñar las tareas de inspección permanente en obra.

Artículo 73. Ensayos de información de la estructura

Este artículo ha sido elaborado de nuevo, con un enfoque distinto al que antes tenía.

El detalle de cómo se realizan las pruebas de carga se ha omitido, remitiéndose a la norma UNE correspondiente que antes no existía. Si se mantienen, completándolos para el caso de estructuras muy rígidas, los criterios de interpretación de resultados, que no vienen en la UNE.

En fin, se añade un breve apartado sobre "Otros ensayos no destructivos", materia que no se mencionaba en la EH-82.

ANEJOS

No hay modificaciones. Se conserva el Anejo 7 dedicado al método del momento tope, en el que se han corregido numerosas erratas. Y se añade un Anejo 8 con la relación de Normas UNE citadas en la EH-88.

* * *

publicaciones del ICCET/CSIC

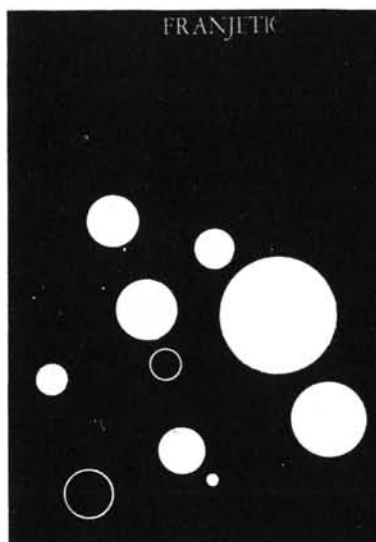
**Bohdan Lewicki**

Este libro trata de los problemas relativos a la construcción de los edificios de viviendas o públicos realizados con elementos prefabricados de grandes dimensiones. Se han estudiado los problemas de arriostramiento, así como los que plantea la resistencia de los elementos y de la estructura; se han examinado las cuestiones de orden higrotérmico, acústico y de resistencia al fuego; también se ha profundizado en el estudio de la estanquidad de los muros exteriores y de las juntas.

La obra incluye numerosas ilustraciones que dan detalles de diversas soluciones, así como ejemplos de cálculo, tablas de valores numéricos, diagramas y ábacos.

Un volumen encuadernado en tela, de 24 x 17 cm, compuesto de 616 págs.

Precios: 2.500 ptas.; \$USA 36.00.

**Zorislav Franjetic**

En la obra de Franjetic se expone de una forma minuciosa, ordenada y sistemática, todo un cuerpo de doctrina que reúne el conocimiento actual sobre el endurecimiento rápido del hormigón. Parte el autor de los principios básicos y llega a las últimas consecuencias y realidades técnicas y económicas.

Es una obra de consulta, tanto para el investigador sobre la materia, como para el proyectista y el realizador y montador de plantas e instalaciones y equipos de curado y endurecimiento rápido.

Un volumen encuadernado en cartón, de 17 x 24,5 cm, compuesto de 385 págs. 110 figuras y 10 tablas.

Precios: 2.500 ptas.; \$USA 36.00.

**A. M. Haas**

Al escribir este libro el autor intentó poner a disposición de los estudiantes y de los ingenieros unos conocimientos prácticos, adecuados para servir de guía en el diseño y construcción de láminas delgadas de hormigón.

El autor está convencido de que el éxito en el diseño de una lámina exige, por parte del proyectista, un examen de las tres fases por las que pasa la materialización de la lámina: el diseño, el análisis estructural y la construcción de la estructura.

Un volumen encuadernado en tela, de 17 x 24,5 cm, compuesto de 420 págs., 141 figuras, 22 fotografías y 6 tablas.

Precios: 2.500 ptas.; \$USA 36.00.